



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 4431747 A1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 M 12/08**  
H 02 M 3/00  
H 02 J 9/06  
H 02 J 7/34

②1 Aktenzeichen: P 44 31 747.6  
②2 Anmeldetag: 6. 9. 94  
④3 Offenlegungstag: 9. 3. 95

DE 4431747 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
06.09.93 FR 93 10564

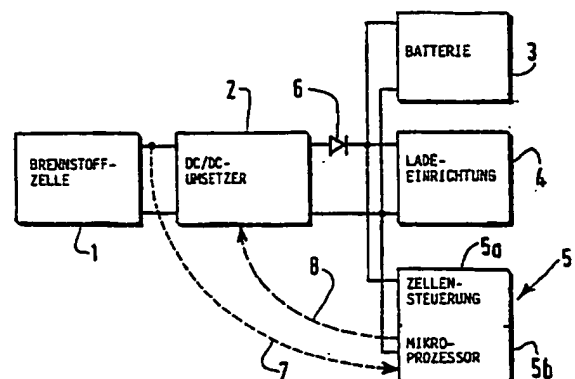
⑦1 Anmelder:  
Imra Europe S.A., Valbonne, FR

⑦4 Vertreter:  
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,  
Dipl.-Ing., 81679 München; Steinmeister, H.,  
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., 33617 Bielefeld; Uner, P.,  
Dipl.-Phys. Ing.(grad.); Merkle, G., Dipl.-Ing. (FH),  
Pat.-Anwälte, 81679 München

⑦2 Erfinder:  
Bonnefoy, Pierre, Cagnes sur Mer, FR

⑤4 Spannungsgenerator mit Brennstoffzelle

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Gleichspannungsgenerator mit einer Brennstoffzelle (1), einem Gleichspannungsumsetzer (2) und einem elektrischen Akkumulator (3), wobei die Eingangsklemmen des Gleichspannungsumsetzers mit den Klemmen der Brennstoffzelle verbunden sind und die Ausgangsklemmen des Gleichspannungsumsetzers parallel zu denen des Akkumulators mit den Klemmen des Spannungsgenerators verbunden sind.  
Er weist außerdem eine Regelungseinrichtung (5b) für den Gleichspannungsumsetzer auf, die auf die maximale Stromstärke ( $I_{max}$ ) des durch den Gleichspannungsumsetzer laufenden Stroms als Funktion der an den Klemmen der Brennstoffzelle gemessenen Spannung einwirkt, um diese Spannung in der Nähe eines vorgegebenen Sollwerts zu halten.



DE 4431747 A1

Die Erfindung betrifft einen Spannungsgenerator mit einer Brennstoffzelle und einem elektrischen Akkumulator, die parallel geschaltet sind.

Derartige Spannungsgeneratoren, die unter der Bezeichnung Hybridsysteme bekannt sind, weisen die Vorteile auf, daß sie die Umwelt nicht verschmutzende Energiequellen bilden, leise sind und hohen Wirkungsgrad aufweisen, wenn die Brennstoffzelle den gesamten verfügbaren Strom an die Klemmen des Generators abgibt.

In solchen Hybridsystemen ist der Brennstoffzelle, die plötzlichen Anstiegen des Verbrauchs elektrischer Energie nicht folgen kann, und zwar wegen der Trägheit des ihr zugrunde liegenden elektrochemischen Prozesses und wegen der begrenzten Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle, ein elektrischer Akkumulator zugeordnet, der die Rolle eines Puffers dadurch spielt, daß er die bei Bedarf erforderliche Mehrenergie liefert und im gegenteiligen Fall überschüssige Energie einspeichert.

Es ist, allgemein gesagt, bekannt, daß eine Brennstoffzelle mit einer bestimmten Spannung an ihren Klemmen arbeiten muß, mit der Gefahr, daß sich die Elektroden schnell abnutzen, was zur Stillsetzung der Brennstoffzelle führt.

Es sind bereits Hybridsysteme bekannt, bei denen ein Gleichspannungsumsetzer zwischen die Brennstoffzelle und den elektrischen Akkumulator eingefügt ist, um die von der Brennstoffzelle gelieferte Spannung auf einen Wert einzustellen, der in der Nähe der Funktionsspannung des Akkumulators liegt.

Diese Vorrichtungen erlauben es jedoch nicht, ein Absinken der Spannung an den Klemmen der genannten Brennstoffzelle zu verhüten, und sie erlauben es nicht, die Funktion der Brennstoffzelle in jedem Augenblick in den Maximalbereich zu führen, wobei die überschüssige Energie in der Batterie abgespeichert wird.

Auch sind Vorrichtungen bekannt, die es bei einem Spannungsgenerator vom System Hybridtyp erlauben, die Brennstoffzelle in einen spannungslosen Zustand zu versetzen, wenn die Stromnachfrage zu groß wird, d. h., wenn die Spannung an den Klemmen der Brennstoffzelle unter einem Minimalwert für gutes Funktionieren liegt.

Jedoch erlauben es derartige Vorrichtungen, die mit allem oder nichts arbeiten, nicht, den besten Nutzen aus der Brennstoffzelle zu ziehen, da die letztere nicht dauernd ihre maximale elektrische Leistung liefert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Spannungsgenerator vom Hybridstyp zu schaffen, bei dem die Brennstoffzelle dauernd im Zustand optimaler Funktion gehalten wird, d. h., bei der die Brennstoffzelle unabhängig von der Stromnachfrage maximale elektrische Leistung liefert, wobei der Überschuß in einen Akkumulator eingespeichert wird, der insofern als Energiepuffer verwendet wird.

Der erfindungsgemäße Spannungsgenerator ist durch die Lehre des beigefügten Anspruchs 1 gegeben.

Der erfindungsgemäße Spannungsgenerator hat dieselbe Ausgangscharakteristik, mit der der Gleichspannungsumsetzer, mit dem er ausgestattet ist, verwendet wird, jedoch nicht zum Stabilisieren der an seinen Ausgangsklemmen vorhandenen Spannung, was der herkömmlichen Verwendung eines Umsetzers entsprechen würde, sondern zum Stabilisieren der an seinen Eingangsklemmen vorhandenen Spannung.

In der Praxis wird der Sollwert der Spannung an den

Klemmen einer Brennstoffzelle bestimmt, und zwar durch Versuch, wie er für die Spannung/Strom-Charakteristik der Brennstoffzelle bei der maximal gelieferten Leistung bei normalen Betriebsbedingungen der Brennstoffzelle gilt.

Angesichts der großen Anzahl von Parametern, die die Funktion einer Brennstoffzelle bestimmen, ist es in der Praxis sehr schwierig, sofort zu ermitteln, was die an den Klemmen einer Brennstoffzelle zur Verfügung stehende Leistung ist.

Unter diesen Bedingungen kann der Wert des maximalen Stroms durch den Umsetzer nicht vorab bekannt sein, weswegen die Regelungseinrichtung des erfindungsgemäßen Umsetzers mit einer Rückkopplungsschleife arbeitet, indem sie die Spannung an den Klemmen der Brennstoffzelle mißt und den Maximalwert so einstellt, daß die an den Klemmen der Brennstoffzelle gemessene Spannung der vorgegebenen Sollspannung entspricht.

Vorteilhafterweise weist der erfindungsgemäße Spannungsgenerator außerdem eine Trenneinrichtung für die Brennstoffzelle auf, die dann in Aktion tritt, wenn die Spannung an den Klemmen der Zelle trotz der Wirkung der Regelungseinrichtung des Umsetzers unter den Sollwert fällt.

Um die Erfindung besser verständlich zu machen, wird nun eine beispielhafte und nicht beschränkende Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben, in der:

Fig. 1 schematisch die verschiedenen Bauteile eines erfindungsgemäßen Spannungsgenerators wiedergibt;

Fig. 2 ein Blockschaltbild ist, das die gemäß der Erfindung ausgeführte Regelung an den Klemmen der Brennstoffzelle zeigt;

Fig. 3 ein vereinfachtes Flußdiagramm der vom Mikroprozessor am Gleichspannungsumsetzer vorgenommenen Regelung zeigt;

Fig. 4 Änderungen elektrischer Parameter beim erfindungsgemäßen Generator während einer Übergangsphase bei einem Temperaturanstieg zeigt; und

Fig. 5 Änderungen elektrischer Parameter beim erfindungsgemäßen Generator während einer Änderungsphase des elektrischen Ladevorgangs zeigt.

In Fig. 1 sind die Ausgangsklemmen einer Brennstoffzelle 1 elektrisch mit den Eingangsklemmen eines Gleichspannungsumsetzers 2 verbunden. Die Ausgangsklemmen des genannten Umsetzers 2 sind parallel zu denen einer Batterie mit Akkumulatoren 3 mit den Klemmen einer elektrischen Ladeeinrichtung 4 verbunden, die z. B. ein Elektromotor sein kann. Parallel zu den Klemmen der Ladeeinrichtung 4 liegt auch ein Regelungsblock 5. Dieser ist in zwei Teile unterteilt, nämlich einen ersten Teil 5a, der die Gesamtheit der Einrichtung enthält, die zum Steuern der Funktion der Brennstoffzelle erforderlich sind, d. h. ihrer Versorgung mit Wasserstoff, ihrer Temperaturregelung usw., und einen Teil 5b, der die Regelungseinrichtung des Umsetzers gemäß der Erfindung enthält, speziell einen Mikroprozessor.

Nun wird das Funktionsprinzip des erfindungsgemäßen Generators beschrieben.

Bei der In-Funktion-Setzung versorgt die Batterie 3 gleichzeitig die Ladeeinrichtung 4 und die Steuereinrichtung 5a der Zelle, die das Inbetriebsetzen desselben auslöst. In diesem Augenblick arbeitet die Brennstoffzelle 1 noch nicht; es muß zunächst ihre Temperatur ansteigen, bevor sie elektrische Energie liefert, die von der Ladeeinrichtung 4 verwendbar ist. Damit die Brenn-

stoffzelle 1 damit beginnt, ausreichende elektrische Leistung zu erzeugen, ersetzt sie fortschreitend die Batterie 3, um die einzige Energiequelle des Generators zu werden. Sie versorgt dann auch den Steuerblock 5.

Da die Ladeeinrichtung 4 weniger elektrische Energie benötigt, als sie an den Klemmen der Brennstoffzelle 1 zur Verfügung steht, nutzt die Batterie die überschüssige elektrische Energie zu ihrer Aufladung. Im gegenteiligen Fall versorgt die Batterie 3 die Ladeeinrichtung 4 mit elektrischer Energie, die an den Klemmen der Brennstoffzelle fehlt. Eine Halbleiterdiode 6, die zwischen dem Gleichspannungsumsetzer 2 und der Batterie 3 liegt, verhindert ein Rückfließen von Strom in die Brennstoffzelle 1.

Gemäß der Erfindung wird die Spannung an den Klemmen der Brennstoffzelle 1 auf ungefähr einen vorgegebenen Sollwert, der erfahrungsgemäß festgelegt wird, stabilisiert, mit einem Wert, der optimaler Funktion der genannten Brennstoffzelle entspricht.

Fig. 2 veranschaulicht als Blockschaltbild die vom Mikroprozessor an der Brennstoffzelle ausgeführte Regelung. Diese Regelung betrifft allgemeiner alle elektrischen Generatoren, deren Ausgangsspannung stabilisiert werden soll.

Der Mikroprozessor 5b mißt die Spannung an den Klemmen des elektrischen Generators, wie durch Pfeile 7 in den Fig. 1 und 2 angedeutet. Der Mikroprozessor 5b führt in diesem Fall den durch Fig. 3 veranschaulichten vereinfachten Flußablauf aus. Ausgehend vom Anfangsschritt 9 vergleicht der Mikroprozessor 5b in einem Schritt 10 den Wert der Spannung V mit einem oberen Grenzwert, der hier erfahrungsgemäß auf 28 Volt festgelegt wurde. Da die Spannung V an den Klemmen des elektrischen Generators über diesem oberen Grenzwert liegt, ruft der Mikroprozessor in einem Schritt 11 eine Inkrementierung des Maximalwerts  $I_{max}$  des Stroms durch den Umsetzer DC hervor. Diese Erhöhung von  $I_{max}$  erhöht die Nachfrage nach elektrischer Energie an den Klemmen des Generators und führt zu einer Verringerung der Spannung V. Im gegenteiligen Fall, d. h., wenn die Spannung V nicht über dem oberen Grenzwert liegt, vergleicht der Mikroprozessor 5b in einem Schritt 12 den Wert der Spannung V mit einem unteren Grenzwert, der hier 27 Volt beträgt. Wenn die Spannung V unter 27 Volt liegt, sorgt der Mikroprozessor 5b in einem Schritt 13 für eine Verringerung des Werts  $I_{max}$  des maximal durch den Umsetzer laufenden Stroms. Gegenteilig zum vorigen Fall führt diese Änderung von  $I_{max}$  zu einer Erhöhung der Spannung V an den Klemmen des elektrischen Generators.

Der Mikroprozessor 5b führt diese Regelung periodisch aus, z. B. alle 10 ms. Die Fig. 4 und 5 veranschaulichen die Änderungen der Spannung V an den Klemmen der Brennstoffzelle und den Maximalwert  $I_{max}$  des Stroms durch den Umsetzer während des Betriebs eines erfindungsgemäßen Generators.

Fig. 4 entspricht der Anstiegsphase der Temperatur der Brennstoffzelle zu Beginn der Funktion des Generators. Die Zeitmaßstäbe der Spannungs- und der Stromkurve sind identisch. Aus dieser Fig. 4 ist deutlich erkennbar, daß die Spannung V innerhalb des unteren und oberen Grenzwerts halten wird, die hier 27 bzw. 28 Volt sind. Diese Regelung der Spannung erfolgt durch Ändern des Werts von  $I_{max}$ . Tatsächlich überschreitet die Spannung V in drei durch die Bezugszahl 14 gekennzeichneten Zeitintervallen den oberen Grenzwert von 28 Volt. Daraufhin wird der Wert von  $I_{max}$  erhöht, bis

diese Spannung V wieder einen Wert unter 28 Volt einnimmt.

Fig. 5 entspricht der Funktion beim Normalbetrieb des erfindungsgemäßen Generators bei einer Änderung des Bedarfs der Ladeeinrichtung 4. In einer Phase 14, in der die Spannung V aufgrund einer Leistungsverringerung der Ladeeinrichtung 4 Werte über 28 Volt einnimmt, wird der Wert von  $I_{max}$  erhöht, bis V wieder unter 28 Volt zurückfällt.

Umgekehrt erhöht die Ladeeinrichtung 4 in Phasen 14 ihre Leistung, in denen die Spannung V unter dem unteren Grenzwert von 27 Volt liegt. In diesem Fall wird der Wert von  $I_{max}$  verringert, bis die Spannung V einen Wert über 27 Volt einnimmt.

Es ist erkennbar, daß der erfindungsgemäße Generator beste Ausnutzung der Brennstoffzelle erlaubt, die dauernd unter optimalen Leistungsbedingungen arbeitet.

Jedoch müssen bestimmte Grenzsituationen vom Steuerblock 5 berücksichtigt werden, die einem Fehlfunktionieren des Generators oder Gefahren in bezug auf eine Verschlechterung der Brennstoffzelle entsprechen.

Klassischerweise schreitet der Steuerblock 5 ein, um folgendes vorzunehmen:

- Abtrennen der Brennstoffzelle dann, wenn die Spannung V an den Klemmen der letzteren trotz der vom Gleichspannungsumsetzer vorgenommenen Leistungsregelung unter den Minimalwert für gutes Funktionieren der Zelle fällt;
- Unterbrechen der Funktion der Brennstoffzelle dann, wenn die Spannung an den Akkumulatorklemmen zu hoch oder zu niedrig liegt.

Es ist zu beachten, daß das beschriebene Ausführungsbeispiel keinerlei beschränkenden Charakter hat und auf jede erwünschte Weise modifiziert werden kann, ohne daß dies aus dem Schutzbereich der Erfindung herausführt.

Unter Umständen kann ein zusätzlicher Spannungs- oder Stromregler oder mehrere in Reihe mit der Ladeeinrichtung oder dem Akkumulator verwendet werden, um die elektrische Leistung regeln zu können, die von diesen Vorrichtungen aufgenommen wird, abhängig von der Art der Anwendung.

#### Patentansprüche

1. Spannungsgenerator mit Brennstoffzelle, einem Gleichspannungsumsetzer und einem elektrischen Akkumulator, wobei die Eingangsklemmen des Gleichspannungsumsetzers mit den Klemmen der Brennstoffzelle verbunden sind und die Ausgangsklemmen des Gleichspannungsumsetzers parallel zu denen des Akkumulators an den Klemmen des Spannungsgenerators angebracht sind, dadurch gekennzeichnet, daß er außerdem eine Regelungseinrichtung (5b) für den Gleichspannungsumsetzer (2) aufweist, die auf die maximale Stärke ( $I_{max}$ ) des durch den Gleichspannungsumsetzer (2) laufenden Stroms als Funktion der an den Klemmen der Brennstoffzelle (1) gemessenen Spannung (V) einwirkt, um diese Spannung (V) in der Nähe eines vorgegebenen Sollwerts zu halten.
2. Spannungsgenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelungseinrichtung (5b) des Gleichspannungsumsetzers (2) rückgekoppelt

so arbeitet, daß die maximale Stärke ( $I_{\max}$ ) des durch den Gleichspannungsumsetzer (2) laufenden Stroms erhöht bzw. verringert wird, wenn die an den Klemmen der Brennstoffzelle (1) gemessene Spannung ( $V$ ) über bzw. unter dem genannten vorgegebenen Sollwert liegt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

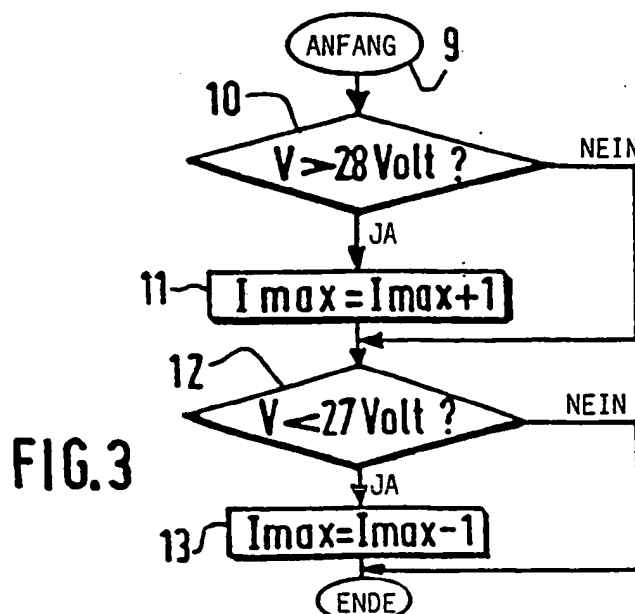
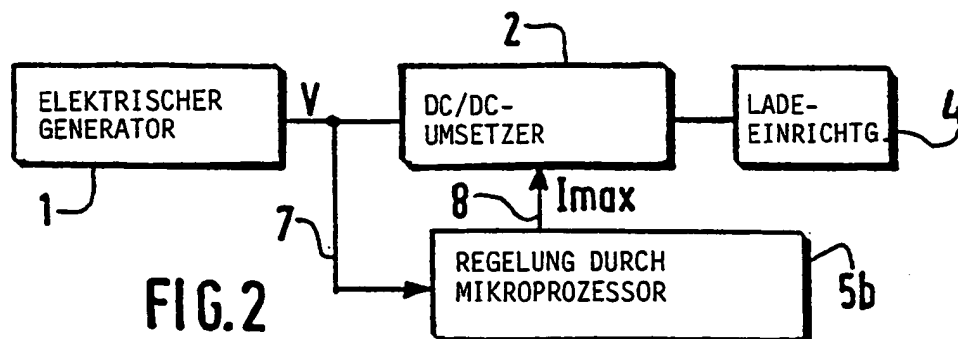
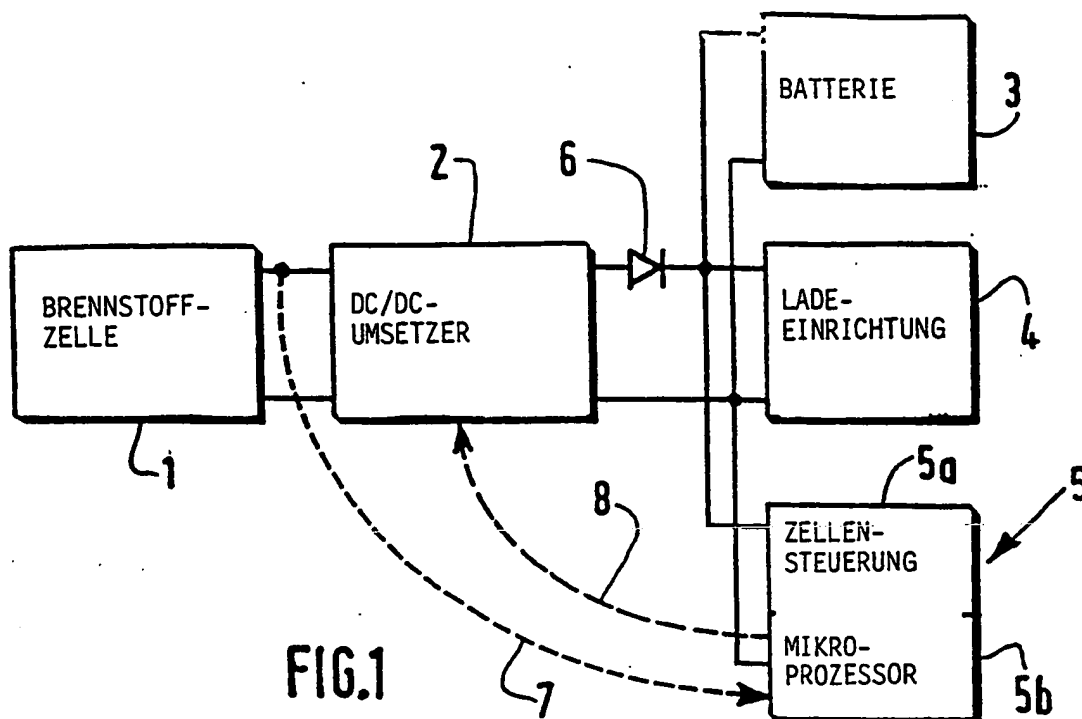
45

50

55

60

65



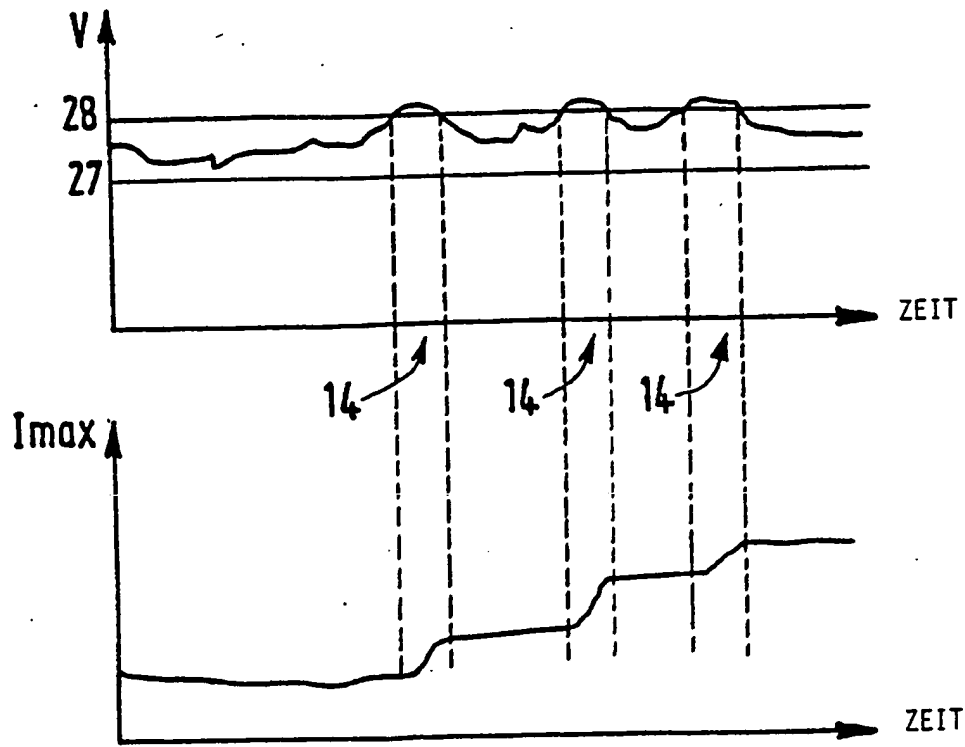


FIG. 4

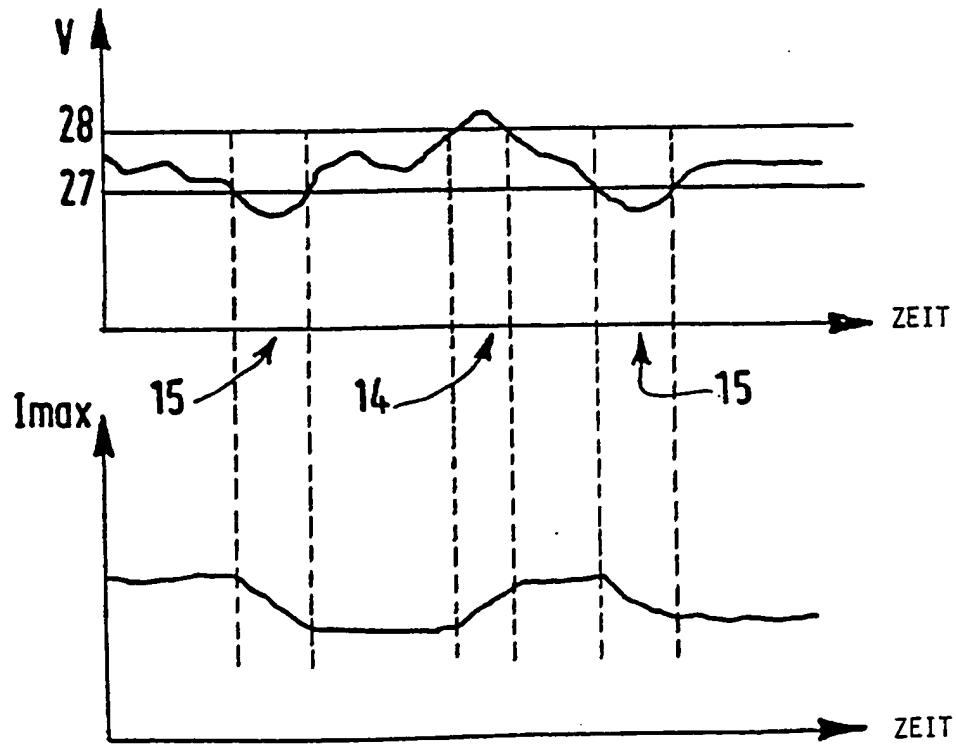


FIG. 5